

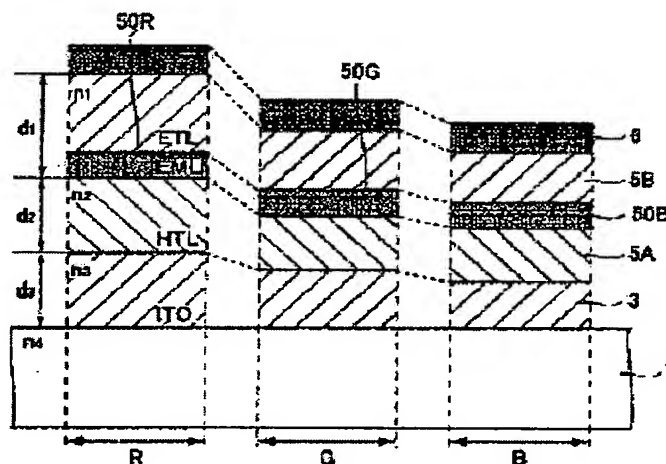
# ORGANIC EL COLOR DISPLAY, AND MANUFACTURING METHOD OF THE SAME

Patent number: JP2003142277  
Publication date: 2003-05-16  
Inventor: WATANABE TERUKAZU  
Applicant: PIONEER TOHOKU CORP  
Classification:  
- international: *H05B33/26; H01L51/50; H05B33/14; H05B33/24; H05B33/26; H01L51/50; H05B33/14; H05B33/24; (IPC1-7): H05B33/26; H05B33/14*  
- european:  
Application number: JP20010334343 20011031  
Priority number(s): JP20010334343 20011031

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP2003142277

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an organic EL color display of which, film thickness of an organic compound material layer except light emitting layer can be set according to its function, capable of outputting light with high efficiency by taking various reflections into consideration, capable of keeping a good productivity. **SOLUTION:** An organic EL element is formed by sequentially laminating a transparent electrode 3, a layer 5A with hole transport function, light emitting layers 50R, 50B, 50C, a layer 5B with electron transport function, and a metal electrode 6 on a transparent substrate. The organic EL color display, using the above organic element as components, is composed by arranging a plurality of organic EL elements having the light emitting layer lighting in various colors according to the variation of organic compound materials, and the thickness of the transparent electrodes 3 of respective organic EL elements are made different from each other according to the color of emitted light.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-142277

(P2003-142277A)

(43)公開日 平成15年5月16日(2003.5.16)

(51)Int.Cl.

H 0 5 B 33/26

33/14

識別記号

F I

H 0 5 B 33/26

33/14

ターム(参考)

Z 3 K 0 0 7

A

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-334343(P2001-334343)

(22)出願日 平成13年10月31日(2001. 10. 31)

(71)出願人 000221926

東北バイオニア株式会社

山形県天童市大字久野本字日光1105番地

(72)発明者 渡辺 輝一

山形県米沢市八幡原4丁目3146番地7 東

北バイオニア株式会社米沢工場内

(74)代理人 100063565

弁理士 小橋 信淳 (外1名)

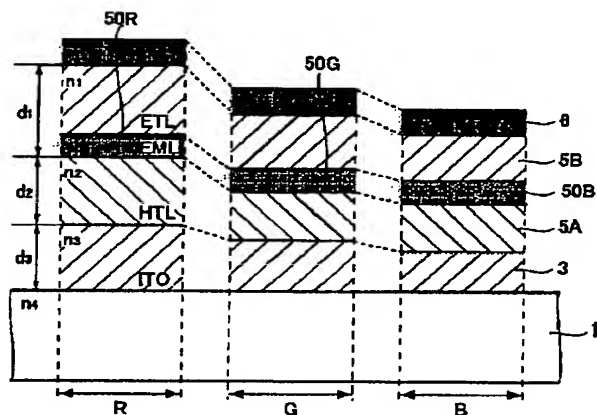
Fターム(参考) 3K007 AB03 AB17 BB06 CB01 DB03

(54)【発明の名称】 有機ELカラーディスプレイ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 各種の反射光を考慮して取り出し光の高効率化を達成することができると共に、発光層を除いた有機化合物材料層はその機能に応じた膜厚を設定することができ、また良好な生産性を確保することができる。

【解決手段】 透明電極3、正孔輸送機能層5A、発光層5OR、5OB、5OC、電子輸送機能層5B、金属電極6を透明基板1上に順次積層してなる有機EL素子を要素として、異なる有機化合物材料によって異なる発光色を呈する前記発光層からなる前記有機EL素子を複数配列してなる有機ELカラーディスプレイにおいて、各有機EL素子の透明電極3を発光色に対応した異なる膜厚を有するものとした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透明電極と少なくとも発光層を含む複数の有機化合物材料層と金属電極とを透明基板上に順次積層してなる有機EL素子を要素として、異なる有機化合物材料によって異なる発光色を呈する前記発光層からなる前記有機EL素子を複数配列してなる有機ELカラーディスプレイにおいて、前記各有機EL素子の前記透明電極は、発光色に対応した異なる膜厚を有することを特徴とする有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 2】 前記発光層を除く前記有機化合物材料層のうちで同一機能を有するいずれかの機能層の少なくとも一層が、一定膜厚を有することを特徴とする請求項 1 記載の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 3】 前記一定膜厚を有する機能層は、前記有機EL素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなることを特徴とする請求項 2 記載の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 4】 前記一定膜厚を有する機能層は、陽極側に積層された正孔輸送層又は正孔注入層であることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 5】 前記正孔輸送層と前記陽極との間に前記正孔注入層が積層されていることを特徴とする請求項 4 記載の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 6】 前記一定膜厚を有する機能層は、陰極側に積層された電子輸送層であることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 7】 前記電子輸送層と前記陰極との間に電子注入層が積層されていることを特徴とする請求項 6 記載の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 8】 波長 $\lambda$ を中心波長として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の偶数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層及び透明電極が成膜されていることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 9】 波長 $\lambda$ を中心波長として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の偶数倍と略等しく、且つ前記発光層の発光界面から前記金属電極の界面までの光学距離が $\lambda/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層及び透明電極が成膜されていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項記載の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 10】 前記発光層の発光界面から前記有機化合物材料層と前記透明電極との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料が成膜されていることを特徴とする請求項 9 の有機ELカラーディスプレイ。

【請求項 11】 透明電極と少なくとも発光層を含む複数の有機化合物材料層と金属電極とを透明基板上に順次積層してなる有機EL素子を要素として、異なる有機化合物材料によって異なる発光色を呈する前記発光層からなる前記有機EL素子を複数配列してなる有機ELカラーディスプレイの製造方法において、前記透明電極を発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚に成膜する工程を有すると共に、前記有機EL素子のすべてについて、同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を積層する共通積層工程を少なくとも 1 工程以上有することを特徴とする有機ELカラーディスプレイの製造方法。

【請求項 12】 前記共通層は正孔輸送層又は前記透明電極との間に積層された正孔注入層であることを特徴とする請求項 11 記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法。

【請求項 13】 前記共通層は電子輸送層であり、前記金属電極との間に電子注入層を積層することを特徴とする請求項 11 又は 12 記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法。

【請求項 14】 波長 $\lambda$ を中心波長として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の偶数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層と前記透明電極が成膜されることを特徴とする請求項 11～13 のいずれか 1 項記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法。

【請求項 15】 波長 $\lambda$ を中心波長として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の偶数倍と略等しく、且つ前記発光層の発光界面から前記金属電極の境界までの光学距離が $\lambda/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層と透明電極が成膜されていることを特徴とする請求項 11～13 のいずれか 1 項に記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法。

【請求項 16】 前記発光層の発光界面から前記有機化合物材料層と前記透明電極との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層が成膜されていることを特徴とする請求項 15 記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の発光色を呈する発光層からなる有機EL（エレクトロルミネッセンス）素子を要素とした有機ELカラーディスプレイ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】有機ELディスプレイは、有機EL素子を基本要素とするもので、平面基板上に形成された有機EL素子を点灯又は非点灯することで、画像表示を行うものである。有機EL素子とは、所定面積の電極を対向

配置して、一方を正電圧が印加される陽極、他方を負電圧が印加される陰極とし、この電極間に発光層を含む有機化合物材料層を介在させたものであり、電極間に電圧を印加することで、陰極から電子が、陽極から正孔がそれぞれ発光層に注入され、この発光層中で電子・正孔の再結合が起こることにより発光が生じる面発光素子である。この有機EL素子を単位面発光要素として平面基板上にマトリクス状に形成し、これをドットマトリクス駆動することにより、高精細な画像が表示できるフラットパネルディスプレイを形成することができる。

【0003】また、有機化合物材料の研究によって、色純度の高いR、G、B各発光色を呈する有機EL素子が開発されたことを受けて、この各色の素子を画素毎に配設して、フルカラー表示を行う有機ELカラーディスプレイが開発されている。図8は、その素子構造を示す説明図である。

【0004】同図において、透明なガラス等から成る基板1上には、TFT2が形成されており、更にはITO等の透明導電材料からなる透明電極3（陽極）が1つの要素毎に独立して形成されている。この透明電極3間には、ポリイミド等からなる絶縁膜4が形成されている。そして、この透明電極3上に、複数の有機化合物材料層5が形成され、その有機化合物材料層5の上を覆って、A1等からなる金属電極（陰極）6が形成されている。有機化合物材料層5は、基板1上の透明電極3及び絶縁膜4上に形成される正孔輸送機能層（正孔注入層51、正孔輸送層52）、その上に形成される、異なる有機化合物材料によって異なる色を発光する発光層50B、50G、50R、その上に形成される電子輸送機能層（電子輸送層53、電子注入層54）からなる。また、破線間の矢印の領域はRGB各色の発光領域を示している。

【0005】このような素子構造からなる有機ELカラーディスプレイにおいては、発光層52B、52G、52Rから放射して基板1から出射する光として、直接透明電極3を介して基板1から出射する光、金属電極6側に出射して金属電極3の表面で反射されて基板1から出射する光、基板1、透明電極3及び多層化された有機化合物材料層5の各界面で反射して基板1から出射する光が存在し、これらの光が干渉して出力に影響を及ぼすことが知られている。特開平2000-323277号公報には、発光層を除く有機化合物材料層の各層を発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚に設定し、反射干渉現象を利用することで各色取り出し光の高効率化を図ることが記載されている。

【0006】上述の説明では、アクティブマトリクス型の有機ELカラーディスプレイを例にして説明したが、単純マトリクス（パッシブ）型の有機ELカラーディスプレイも、素子構造自体には大きな違いはなく、同様に反射干渉現象を利用した出力の高効率化が図られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】前述の特開平2000-323277号公報に記載されたものでは、透明電極の膜厚を一定にすることを前提としているので、有機化合物材料層と透明電極との境界で反射する反射光を対象とした反射干渉現象と、透明電極と基板との境界で反射する反射光を対象にした反射干渉現象とを共に考慮した取り出し光の高効率化ができないという問題がある。また、発光層を除いた有機化合物材料層を各色に対応して異なる膜厚に設定しているが、有機化合物材料層の膜厚は、本来その機能を十分に発揮するために設定されるべきものであり、この膜厚を反射干渉現象を考慮して設定した場合には、各色発光層の電圧輝度効率が低下してしまう問題があった。

【0008】更には、発光層を除いた有機化合物材料層である正孔輸送機能層及び電子輸送機能層は一般には各色に拘わらず各機能毎に同じ材料で且つ均一な膜厚とすることがなされており、この各機能層の膜厚を各色毎に異なる膜厚にすると生産性が悪化する問題が生じる。

【0009】本発明は、このような事情に対処するために提案されたものであって、各種の反射光を考慮して取り出し光の高効率化を達成することができると共に、発光層を除いた有機化合物材料層はその機能に応じた膜厚を設定することができ、また良好な生産性を確保できる有機ELカラーディスプレイ及びその製造方法を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の請求項1～10における有機ELカラーディスプレイは、以下の特徴を具備するものである。

【0011】請求項1に係る発明は、透明電極と少なくとも発光層を含む複数の有機化合物材料層と金属電極とを透明基板上に順次積層してなる有機EL素子を要素として、異なる有機化合物材料によって異なる発光色を呈する前記発光層からなる前記有機EL素子を複数配列してなる有機ELカラーディスプレイにおいて、前記各有機EL素子の前記透明電極は、発光色に対応した異なる膜厚を有することを特徴とする。

【0012】請求項2に係る発明は、請求項1記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、前記発光層を除く前記有機化合物材料層のうちで同一機能を有するいずれかの機能層の少なくとも一層が、一定膜厚を有することを特徴とする。

【0013】請求項3に係る発明は、請求項2記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、前記一定膜厚を有する機能層は、前記有機EL素子のすべてについて同一の有機化合物材料からなることを特徴とする。

【0014】請求項4に係る発明は、請求項2又は3記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、前記一定膜厚を有する機能層は、陽極側に積層された正孔輸送

層又は正孔注入層であることを特徴とする。

【0015】請求項5に係る発明は、請求項4記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、前記正孔輸送層と前記陽極との間に前記正孔注入層が積層されていることを特徴とする。

【0016】請求項6に係る発明は、請求項2又は3記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、前記一定膜厚を有する機能層は、陰極側に積層された電子輸送層であることを特徴とする。

【0017】請求項7に係る発明は、請求項6記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、前記電子輸送層と前記陰極との間に電子注入層が積層されていることを特徴とする。

【0018】請求項8に係る発明は、請求項1～7のいずれか1項記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、波長 $\lambda$ を中心波長として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の偶数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層及び透明電極が成膜されていることを特徴とする。

【0019】請求項9に係る発明は、請求項1～5のいずれか1項記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、波長 $\lambda$ を中心波長として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の偶数倍と略等しく、且つ前記発光層の発光界面から前記金属電極の界面までの光学距離が $\lambda/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層及び透明電極が成膜されていることを特徴とする。

【0020】請求項10に係る発明は、請求項9記載の有機ELカラーディスプレイを前提として、前記発光層の発光界面から前記有機化合物材料層と前記透明電極との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で前記有機化合物材料が成膜されていることを特徴とする。

【0021】また、本発明の請求項11～16における有機ELカラーディスプレイの製造方法は、以下の特徴を具備するものである。

【0022】請求項11に係る発明は、透明電極と少なくとも発光層を含む複数の有機化合物材料層と金属電極とを透明基板上に順次積層してなる有機EL素子を要素として、異なる有機化合物材料によって異なる発光色を呈する前記発光層からなる前記有機EL素子を複数配列してなる有機ELカラーディスプレイの製造方法において、前記透明電極を発光色に対応してそれぞれ異なる膜厚に成膜する工程を有すると共に、前記有機EL素子のすべてについて、同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を積層する共通積層工程を少なくとも1工程以上有することを特徴とする。

【0023】請求項12に係る発明は、請求項11記載

の有機ELカラーディスプレイの製造方法を前提として、前記共通層は正孔輸送層又は前記透明電極との間に積層された正孔注入層であることを特徴とする。

【0024】請求項13に係る発明は、請求項11又は12記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法において、前記共通層は電子輸送層であり、前記金属電極との間に電子注入層を積層することを特徴とする。

【0025】請求項14に係る発明は、請求項11～13のいずれか1項記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法において、波長 $\lambda$ を中心波長として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の偶数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層と前記透明電極が成膜されることを特徴とする。

【0026】請求項15に係る発明は、請求項11～13のいずれか1項に記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法において、波長 $\lambda$ を中心波長として発光する前記発光層の発光界面から前記透明電極と前記透明基板との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の偶数倍と略等しく、且つ前記発光層の発光界面から前記金属電極の境界までの光学距離が $\lambda/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層と透明電極が成膜されていることを特徴とする。

【0027】請求項16に係る発明は、請求項15記載の有機ELカラーディスプレイの製造方法において、前記発光層の発光界面から前記有機化合物材料層と前記透明電極との境界までの光学距離が $\lambda/4$ の奇数倍と略等しくなるような膜厚で、前記有機化合物材料層が成膜されていることを特徴とする。

【0028】前記各請求項に係る発明は以下の作用を奏するものである。

【0029】請求項1～7又は請求項11、12、13の発明によると、透明電極の膜厚を発光色に対応させて異なる膜厚に設定することにより、有機化合物材料層と透明電極との境界で反射する反射光と、透明電極と基板との境界で反射する反射光との両方を考慮して、取り出し光の干渉による高効率化を設定することができる。また、透明電極のみによって干渉による高効率化を達成する場合には、有機化合物材料層の各機能層は、各機能の応じた膜厚又は生産性を考慮に入れた均一な膜厚とすることが可能になる。これによって、生産性又は発光層の発光効率の最適化を図りながら、取り出し光の高効率化を達成することが可能になる。

【0030】特に、有機化合物材料層の各機能層の少なくとも一層を、ディスプレイの全面において一定膜厚とするか又は同一の有機化合物材料により形成することにより、生産性の向上を図ることが可能になる。この一定膜厚又は同一材料の機能層としては、発光層から陽極側に積層された正孔輸送層或いは正孔注入層、又は発光層から陰極側に積層された電子輸送層とすることができ

る。

【0031】請求項8又は請求項14の発明によると、前述の作用と併せて、発光層から放射して透明電極と透明基板との境界で反射して再び発光層側に戻る光を対象にした反射干渉現象を考慮して取り出し光の高効率化を達成することができる。

【0032】請求項9又は請求項15の発明によると、前述の作用と併せて、発光層から放射して透明電極と透明基板との境界で反射して再び発光層側に戻る光及び発光層から後面方向に放射して金属電極の界面で反射して前面基板側に向けられる光を対象とした反射干渉現象を考慮して取り出し光の高効率化を達成することができる。

【0033】請求項10又は請求項16の発明によると、前述の作用と併せて、発光層から放射して有機化合物材料層と透明電極との境界で反射して再び発光層側に戻る光を対象にした反射干渉現象を考慮して、取り出し光の高効率化を達成することができる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図1は本発明の有機ELカラーディスプレイにおける請求項1、請求項8、請求項10に対応する実施形態を示す説明図である。図はRGB各色の発光領域における層構造を示している。この実施形態は、各色の有機化合物材料層及び透明電極の膜厚を全て光学膜厚としたものである。有機ELカラーディスプレイは複数の有機EL素子を要素としており、各々の有機EL素子は、異なる有機化合物材料によって異なる発光色を呈する発光層を備えており、各色の有機EL素子が複数配列して有機ELカラーディスプレイを形成している。そして、各有機EL素子は、透明なガラス等から成る基板1、その上に形成されたITO等の透明電極3、有機化合物材料層5を形成する正孔輸送機能層5A、発光層5OR(5OG, 5OB)、電子輸送機能層5B、及びA1等から成る金属電極6から構成され、この金属電極6が図示省略したSiN<sub>4</sub>等から成る封止材で覆われている。

$$n1 \cdot d1 = \frac{\lambda}{4} (2m-1) \quad (m=1, 2, \dots) \quad \dots (1)$$

【0040】また、波長 $\lambda$ の光a'と光dが強め合う条件は(2)式のとおり、すなわち、波長 $\lambda$ を中心波長として発光する発光層の発光界面50aから透明電極3と基板1との境界までの光学距離 $(n2 \cdot d2 + n3 \cdot d$

$$n2 \cdot d2 + n3 \cdot d3 = \frac{\lambda}{4} 2m$$

【0042】更に、中心波長 $\lambda$ の光a'と光cが強め合う条件は(3)式のとおり、すなわち、波長 $\lambda$ を中心波長として発光する発光層の発光界面50aから有機化合物材料層5と透明電極3との境界までの光学距離 $(n2$

【0035】各有機EL素子において、独立して別個に積層された発光層5OR, 5OG, 5OBはそれぞれ電流印加時に異なる発光色の赤, 緑, 青を呈する異なる有機化合物材料から成っており、有機ELカラーディスプレイは、赤, 緑及び青の発光色の有機EL素子の組を一つの画素として、例えば、これら複数画素をマトリクス配列することによりカラー表示を行うものである。

【0036】まず、図2によって、有機EL素子における反射干渉現象について説明する。ここで、電子輸送機能層5B、正孔輸送機能層5A、透明電極3はそれぞれ $n1, n2, n3$ の屈折率を有し、各膜厚が $d1, d2, d3$ であるとする。そして、基板1の屈折率を $n4$ とすると、 $n1 \approx n2 < n3 > n4$ の関係にあるとする。

【0037】この場合に、反射干渉現象の対象として考慮すべき光の態様は、発光層50の発光界面50a(発光層50と正孔輸送機能層5Aとの界面を発光界面とする。)から前面に放射される光a、発光界面50aから後面に放射される光a'、発光界面50aから後面に放射されて金属電極の界面で反射する光b、発光界面50aから前面に放射されて正孔輸送機能層5Aと透明電極3との境界で反射して再び発光界面50aに戻る光c、発光界面50aから前面に放射されて透明電極3と基板1との境界で反射して再び発光界面50aに戻る光dとなる。実際上の発光領域は素子構造や使用する有機化合物材料に大きく依存するが、発光層50と正孔輸送機能層5Aとの界面から数~数十nmに分布していると考えられるので、前述の発光界面50aを定義して、そこからの光学距離によって反射干渉現象を検討するものとする。

【0038】そして、波長 $\lambda$ の光aと光bが強め合う条件は(1)式のとおり、すなわち、波長 $\lambda$ を中心波長として発光する発光層の発光界面50aから金属電極6の界面までの光学距離 $n1 \cdot d1$ が $\lambda/4$ の奇数倍である。

【0039】

【数1】

3)が $\lambda/4$ の偶数倍である。

【0041】

【数2】

$$(m=1, 2, \dots) \quad \dots (2)$$

・ $d2$ )が $\lambda/4$ の奇数倍である。

【0043】

【数3】

$$n_2 \cdot d_2 = \frac{\lambda}{4} (2m-1) \quad (m=1, 2, \dots) \quad \dots (3)$$

【0044】したがって、(1)～(3)式を全て満足する光学距離の関係は、以下のとおりである。

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3 = (2m-1) \lambda / 4 \quad \dots (4)$$

【0046】

$$m=1 \text{ とすると、 } n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3 = \lambda / 4 \quad \dots (5)$$

図1の実施形態では、RGBの各色における電子輸送機能層5B、正孔輸送機能層5A、透明電極3に対して、RGBに相当する中心波長 ( $\lambda_R = 650 \text{ nm}$ ,  $\lambda_G = 520 \text{ nm}$ ,  $\lambda_B = 460 \text{ nm}$ ) から  $\lambda_R/4$ ,  $\lambda_G/4$ ,  $\lambda_B/4$  を求めて (5) 式より各層の光学距離を以下のように設定している。

【0047】

【数6】

R (赤):  $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3 = \lambda_R / 4$

G (緑):  $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3 = \lambda_G / 4$

B (青):  $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3 = \lambda_B / 4$

【0048】ここで、透明電極3 (ITO) の各色毎の屈折率は、 $n_3 (\lambda_R) = 1.81$ ,  $n_3 (\lambda_G) = 1.94$ ,  $n_4 (\lambda_B) = 2.00$  であるから、透明電極3

【0045】

【数4】

【数5】

の各色毎の膜厚 (nm) は、 $d_3 (\lambda_R) = 90$ ,  $d_3 (\lambda_G) = 67$ ,  $d_4 (\lambda_B) = 58$  となる。このように透明電極3の各色における膜厚  $d_3$  を発光色に対応した異なる厚さにすることで、(1)～(3)式を全て満たして、考慮した全ての光が互いに強め合うような設定が可能になり、各色発光層から放射した光を最も効率よく取り出すことができる。

【0049】〔設定例1〕電子輸送機能層をA1q、正孔輸送機能層をNPB、透明電極をITO、基板をASガラスとして、図1の実施形態における設定例を以下に示す。ここで  $n_1 \sim n_4$  は各波長 ( $\lambda_R = 650 \text{ nm}$ ,  $\lambda_G = 520 \text{ nm}$ ,  $\lambda_B = 460 \text{ nm}$ ) における屈折率の実測値を示している。

【0050】

【表1】

		R	G	B
中心波長	$\lambda [\text{nm}]$	650	520	460
電子輸送機能層	$n_1 / d_1 [\text{nm}]$	1.75/93	1.80/72	1.85/62
正孔輸送機能層	$n_2 / d_2 [\text{nm}]$	1.80/90	1.86/70	1.94/59
ITO	$n_3 / d_3 [\text{nm}]$	1.81/90	1.94/67	2.00/58
基板	$n_4$	1.52	1.52	1.52

【0051】次に、本発明の有機ELカラーディスプレイの請求項1, 8, 9に対応する実施形態を図3を参照して説明する (以下の各実施形態において、前述の実施形態と同一の部位には同一の符号を付して一部説明を省略する。また、図はRGB各色の発光領域における層構造を示しており、発光層を図示省略している。)。この実施形態は、発光界面50aから前面に放射されて正孔輸送機能層5Aと透明電極3との境界で反射して再び発光界面50aに戻る光cを無視して、反射光としては、発光界面50aから後面に放射されて金属電極の界面で

反射する光b及び発光界面50aから前面に放射されて透明電極3と基板1との境界で反射して再び発光界面50aに戻る光dのみを考慮したものである。

【0052】以下に、前述の設定例1における各層境界 (電子輸送機能層; A1q, 正孔輸送機能層; NPB, 透明電極; ITO, 基板; ASガラス) での電界振幅反射率の実測値を示す。

【0053】

【表2】

発光色		屈折率	反射率
R 650nm	電子輸送機能層	1.75	1.4%
	正孔輸送機能層	1.80	
	透明電極	1.81	0.3%
	基板	1.52	
G 520nm	電子輸送機能層	1.80	1.6%
	正孔輸送機能層	1.86	
	透明電極	1.94	12.1%
	基板	1.52	
B 460nm	電子輸送機能層	1.85	2.4%
	正孔輸送機能層	1.95	
	透明電極	2.00	13.6%
	基板	1.52	

【0054】この表から明らかなように、実際には、有機化合物材料層間又は有機化合物材料層と透明電極3との境界での反射率は、透明電極3と基板1との境界における反射率と比較するとかなり小さく、前者の反射光を無視することは実用上問題にならない。したがって、前述の(1)式と(2)式のみ、すなわち、波長 $\lambda$ を中心波長として発光する発光層の発光界面50aから透明電

$$n1 \cdot d1 = \lambda / 4, n2 \cdot d2 + n3 \cdot d3 = \lambda / 2 \quad \dots (7)$$

【0056】ここで、 $d2$ と $d3$ については、例えば各色で駆動電圧をそろえるように膜厚設定を行う。すなわち、正孔輸送機能層を厚く形成し、透明電極を薄くすると、電流輝度特性は変わらないが電圧輝度特性は劣化するので、これを利用して、駆動条件が各色毎に同じになるように正孔輸送機能層 $d2$ の膜厚を設定することができる。そして、透明電極膜厚 $d3$ を各色毎に異なる値とすることで(7)式を満足することが可能になり、実用的な取り出し光の高効率化も併せて達成することができるものである。

【0057】次に、本発明の有機ELカラーディスプレイにおける請求項2, 3, 4, 5, 8, 9に対応する実施形態を図4によって説明する。この実施形態では、図3の実施形態と同様に有機化合物材料層間の反射及び有機化合物材料層と透明電極との境界での反射を無視して、(1)式と(2)式のみから $n1 \cdot d1 = \lambda / 4$ 、 $n2 \cdot d2 + n3 \cdot d3 = \lambda / 2$ の条件を求め、これに

極3と基板1との境界までの光学距離( $n2 \cdot d2 + n3 \cdot d3$ )が $\lambda / 4$ の偶数倍であり、且つ発光界面50aから金属電極6の界面までの光学距離 $d1$ が $\lambda / 4$ の奇数倍となる関係から、 $m=1$ として以下の関係を得る。

【0055】

【数7】

対して、正孔輸送機能層5Aの膜厚 $d2$ を各色共通の一定値として設定したものである。これによると、透明電極3膜形成後に正孔輸送機能層5Aをパネル一面に一樣に形成することができるので生産性の向上を図ることができる。正孔輸送機能層5AはNPB等の単一材料からなる正孔輸送層の単層であっても良いし、正孔輸送層と透明電極との間にCuPC等から成る単一材料の正孔注入層を積層させたものでもよい。

【0058】【設定例2】電子輸送機能層をAlq、正孔輸送機能層をNPB、透明電極をITO、基板をASガラスとして、図4の実施形態における設定例を以下に示す。ここで $n1 \sim n4$ は各波長( $\lambda_R = 650\text{nm}$ ,  $\lambda_G = 520\text{nm}$ ,  $\lambda_B = 460\text{nm}$ )における屈折率の実測値を示している。

【0059】

【表3】

		R	G	B
中心波長	$\lambda$ [nm]	650	520	460
電子輸送機能層	$n1 / d1$ [nm]	1.75 / 93	1.80 / 72	1.85 / 62
正孔輸送機能層	$n2 / d2$ [nm]	1.80 / 70	1.86 / 70	1.94 / 70
ITO	$n3 / d3$ [nm]	1.81 / 109	1.94 / 67	2.00 / 47
基板	$n4$	1.52	1.52	1.52

【0060】次に、本発明の有機ELカラーディスプレイにおける請求項6, 7, 8に対応する実施形態を図5



によって説明する。この実施形態においては、透明電極 3、正孔輸送機能層 5 A については図 4 の実施形態と同様であり、陰極側の電子輸送機能層 5 B の膜厚  $d_1$  を各色共通の一定値として設定したものである。この場合には、膜厚  $d_1$  を各色共通の一定値にすることにより、前述の (1) 式を全ての色において満足することはできなくなる。したがって、特定の色のみに (1) 式を満足させた膜厚  $d_1$  を設定すると共に、透明電極 3 の膜厚  $d_3$  を各色毎に異なる値に設定し、(2) 式を満足するように正孔輸送機能層 5 A の膜厚  $d_2$  を設定する。これによると、実用的に取り出し光の高効率化を達成しながら、正孔輸送機能層 5 A と電子輸送機能層 5 B を共に一定膜厚とすることで、更に生産性の向上を図ることができ

		R	G	B
中心波長	$\lambda$ [nm]	650	520	460
電子輸送機能層	$n_1/d_1$ [nm]	1.75/72	1.80/72	1.85/72
正孔輸送機能層	$n_2/d_2$ [nm]	1.80/70	1.86/70	1.94/70
ITO	$n_3/d_3$ [nm]	1.81/109	1.94/67	2.00/47
基板	$n_4$	1.52	1.52	1.52

【0063】以下に、本発明に係る有機 EL カラーディスプレイの製造方法を説明する。図 6 において、まず、同図 (a) に示すように、それぞれ ITO からなる RGB 用の透明電極 3 をガラス基板 1 上に形成する。透明電極の膜厚  $d_3$  は表 4 に示すように RGB の各発光色に対応して異なる値となるように予め設定されており、各色毎のマスクを用いて蒸着時間を各色毎に設定して所望の膜厚を形成する。

【0064】次に同図 (b) に示すように、真空蒸着等によって正孔輸送機能層 5 A を透明電極 3 の上に一様に形成する。この正孔輸送機能層 5 A は前述のように NPB の単層であってもよいし、正孔注入層として CuPC 等の単層を積層した後の NPB を積層するようにしてもよい。いずれにしても、この正孔輸送機能層 5 A の形成は、同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を積層する工程とする。

【0065】次に同図 (c) に示すように、各色毎に発光層 50 を形成し、更にその上に真空蒸着等によって電子輸送機能層 5 B を一様に形成する。この電子輸送機能層 5 B は前述のように Alq の単層であってもよいし、この単層を積層した後に電子注入層として  $Li_2O$  等の単層を積層するようにしてもよい。いずれにしても、この電子輸送機能層 5 B の形成は、同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚を有する共通層を積層する工程とする。そして、同図 (d) に示すように、電子輸送機能層 5 B 上に Al-Li 等の低仕事関数の金属電極 6 を蒸着又はスパッタ等の手段で成膜し、更にその上を図示省略した封止材で覆う。

【0066】この製造方法によると、透明電極 3 の形成工程はマスク等を用いた各色毎に膜厚を設定する煩雑な工程を要するが、その後の成膜工程を簡略化することが

可能になる。特に、基板上に透明電極 3 を形成した状態で資材を流通させることを考えると、ディスプレイの生産性を著しく向上させることが可能になる。

【0061】〔設定例 3〕電子輸送機能層を Alq、正孔輸送機能層を NPB、透明電極を ITO、基板を AS ガラスとして、図 5 の実施形態における設定例を以下に示す。ここで  $n_1 \sim n_4$  は各波長 ( $\lambda_R = 650 \text{ nm}$ ,  $\lambda_G = 520 \text{ nm}$ ,  $\lambda_B = 460 \text{ nm}$ ) における屈折率の実測値を示している。

【0062】

【表 4】

可能になる。特に、基板上に透明電極 3 を形成した状態で資材を流通させることを考えると、ディスプレイの生産性を著しく向上させることが可能になる。

【0067】そして、正孔輸送機能層 5 A 及び電子輸送機能層 5 B を表 4 の膜厚  $d_2$  及び膜厚  $d_1$  となるように設定することで、実的に有効な範囲で反射干渉現象による取り出し光の高効率化を達成することも可能になる。

【0068】図 7 は、本発明に係る有機 EL カラーディスプレイの製造方法における他の実施形態を示す説明図である。これは、各色取り出し光の高効率化を最も重要視した〔設定例 1〕を得るための実施形態である。まず、同図 (a) に示すように、それぞれ ITO からなる RGB 用の透明電極 3 をガラス基板 1 上に膜厚  $d_3$  が表 1 に示す値となるように形成する。そして、この透明電極 3 上に正孔輸送機能層の共通層 5 A' を同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚で形成する。この共通層 5 A' の膜厚は、表 1 における  $d_2$  の最小値 (59 nm) に設定されている。

【0069】次に同図 (b) に示すように、R 及び G に対して正孔輸送機能層を必要な厚さだけ付加して、RGB 各色の膜厚  $d_2$  が表 1 に示す値になるように、正孔輸送機能層 5 A を形成する。更に同図 (c) に示すように、各色毎の発光層 50 を形成した後、電子輸送機能層の共通層 5 B' を同一の有機化合物材料からなる連続した一定膜厚で形成する。この共通層 5 B' の膜厚は、表 1 における  $d_1$  の最小値 (62 nm) に設定されている。

【0070】そして、同図 (d) に示すように、R 及び G に対して電子輸送機能層を必要な厚さだけ付加して、RGB 各色の膜厚  $d_1$  が表 1 に示す値になるように、電

子輸送機能層 5 B を形成する。以下、前述の実施形態と同様に電子輸送機能層 5 B 上に金属電極 6 を成膜し、更にその上を封止材で覆う。また、この実施形態においても、前述の実施形態と同様に、正孔輸送機能層 5 A は N P B 等の単層であってもよいし、正孔注入層として C u P C 等の単層を積層した後の N P B を積層するようにしてもよく、電子輸送機能層 5 B は、A l q 等の単層であってもよいし、この単層を積層した後に電子注入層として  $Li_2O$  等の単層を積層するようにしてもよい。

【0071】この製造方法によると、前述の(1)～(3)式を全て満足する膜厚の設定をすることで、各色の取り出し光を最大限高効率化することが可能になると共に、有機化合物材料層の形成に際して共通層を先に形成して、その後に各色の層を付加するようにしたので、膜形成の時間を短縮化することが可能になり、生産性の向上を図ることができる。

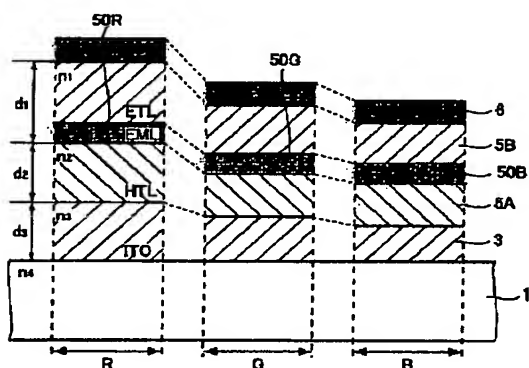
【0072】

【発明の効果】本発明は、このように構成されるので、各種の反射光を考慮して取り出し光の高効率化を達成することができると共に、発光層を除いた有機化合物材料層はその機能に応じた膜厚を設定することができ、また良好な生産性を確保することができる。

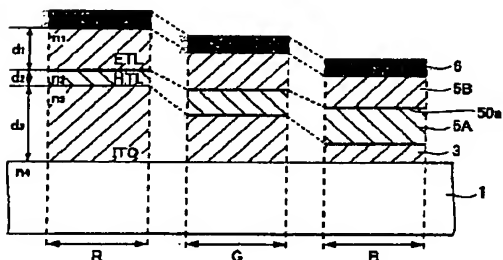
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の有機ELカラーディスプレイにおける実施形態を示す説明図である。

【図1】



【図3】



【図2】有機EL素子における反射干渉現象を説明する説明図である。

【図3】本発明の有機ELカラーディスプレイにおける実施形態を示す説明図である。

【図4】本発明の有機ELカラーディスプレイにおける実施形態を示す説明図である。

【図5】本発明の有機ELカラーディスプレイにおける実施形態を示す説明図である。

【図6】本発明の有機ELカラーディスプレイの製造方法における実施形態を示す説明図である。

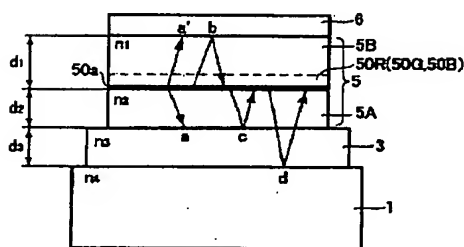
【図7】本発明の有機ELカラーディスプレイの製造方法における実施形態を示す説明図である。

【図8】従来の有機ELカラーディスプレイの素子構造を示す説明図である。

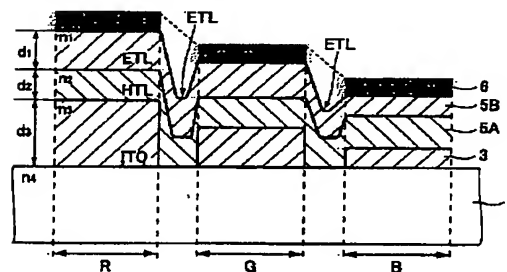
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 TFT
- 3 透明電極
- 4 絶縁膜
- 5 有機化合物材料層
- 5A 正孔輸送機能層
- 5B 電子輸送機能層
- 50 発光層
- 6 金属電極

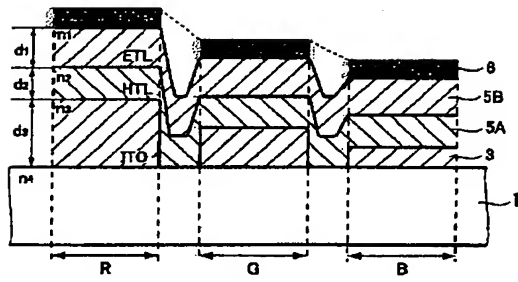
【図2】



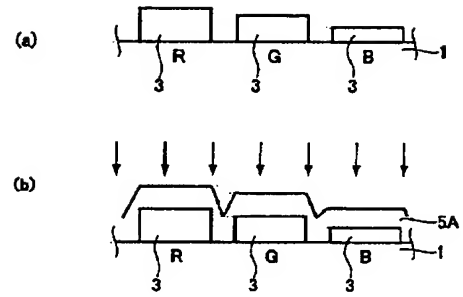
【図4】



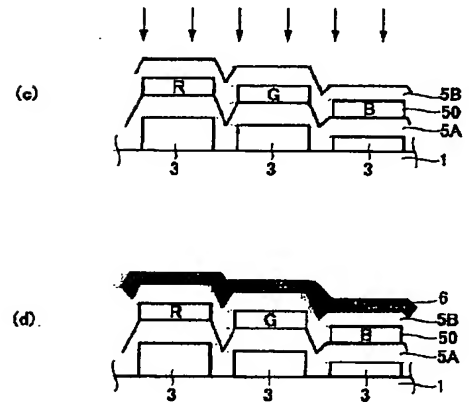
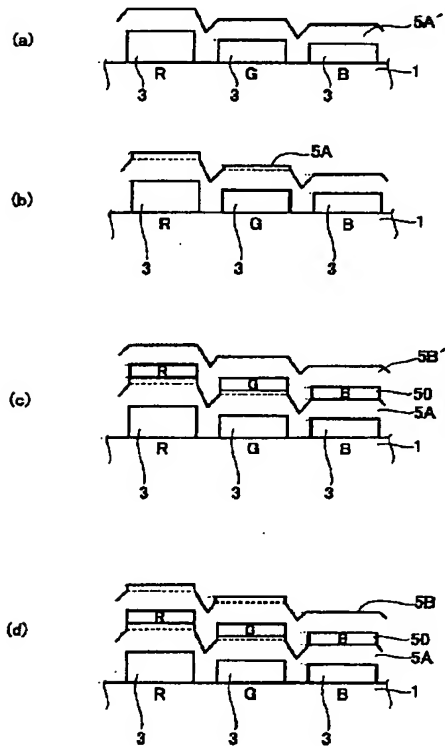
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

